

Т.Г.Сабірзянов, проф., д-р техн. наук, М.І. Васильковський, доц., канд. техн. наук,
О.В. Нестеренко, ас.

Кіровоградський національний технічний університет

До методики визначення швидкості введення зерна в пневмосепараційний канал

Стаття присвячена визначенню швидкості введення зерна в пневмосепараційний канал з метою практичного її застосування при дослідженні та випробуванні зерноочисних машин. Авторами запропоновано нову методику вирішення означеної задачі на основі визначення реальних траєкторій польоту зернових часток.

пневмосепарація, повітряний потік, пневмосепаруючий канал, швидкість введення зерна, зерновий матеріал

Однією з найважливіших операцій при очищенні зернових матеріалів для їх доведення до продовольчих та посівних кондицій і оптимальному виділенні фуражної фракції являється пневмосепараційний процес.

На даному етапі дослідження та розробки зерноочисних машин пневмосепарація має значно нижчі показники продуктивності ніж решітна очистка, особливо при використанні решітних сепараторів п'ятого покоління [1].

Тому підвищення продуктивності очищення зерна повітряним потоком являється важливою та актуальною задачею.

Одним із найбільш вагомих факторів, які впливають на ефективність пневмосепараційного процесу являється швидкість введення зернового матеріалу в канал. Збільшення швидкості введення зерна з одного боку приводить до зменшення товщини шару матеріалу та покращення умов процесу пневмосепарації, але при цьому зменшується її час перебування в каналі, що як свідчать результати експериментальних досліджень [2,3,4] суттєво зменшує повноту розділення зерна.

Багаточисленними експериментальними дослідженнями [2, 3, 4, 5] встановлено, що швидкість вводу матеріалу в канал суттєво впливає як на якість процесу розділення, так і на його енергоємність. При цьому, одні дослідники вважають, що швидкість введення матеріалу повинна бути мінімальною [4], а інші стверджують, що ефект очистки буде максимальний при початковій швидкості $v_0 = 0,3$ м/с. Тобто саме цю швидкість можна вважати оптимальною, напрямок якої в невеликих межах відносно горизонту не суттєво змінює ефективність очистки [3].

Результати експериментальних досліджень [6] також підтверджують означений висновок, згідно яких оптимальне значення початкової швидкості введення зерна в пневмосепараційний канал знаходиться в межах $0,3 - 0,35$ м/с.

Але невеликі швидкості введення зерна обмежують можливість підвищення продуктивності пневмосепаруючого каналу, оскільки в цих випадках збільшується товщина оброблюемого шару матеріалу, що погіршує умови виділення легких домішок.

Як відомо, величина подачі матеріалу визначається за формулою:

$$Q_m = v_0 \cdot h_0 \cdot b_0 \cdot \rho, \quad (1)$$

де v_0 - початкова швидкість введення зернового матеріалу в канал, м/с;

h_0, b_0 - товщина та ширина шару зерна, яке поступає в канал, м;

ρ - об'ємна маса матеріалу, кг/м³;

З формули випливає, що зменшення початкової швидкості v_0 відповідно зменшує продуктивність машини, компенсація якої за рахунок збільшення товщини зернового потоку h_0 погіршує умови і якість сепарування. Отже, якщо прийняти постійними ширину каналу b_0 та подачу Q_m , то для виконання умови зменшення v_0 , необхідно збільшувати товщину шару, а це веде до зменшення ефекту очистки.

Велике значення для ефективності пневмосепарації має кут введення матеріалу α_0 . Якщо матеріал спрямувати відносно горизонту під кутом вниз, то всі частки будуть рухатись по низхідній гілці своєї траєкторії, але для того, щоб частки легких домішок могли виділитися і потрапити до осадової камери, вони повинні змінити напрямок руху на східну гілку траєкторії. Якщо частка, яка рухається вниз, ударяється об зовнішню стінку, то умови її виділення значно погіршуються, внаслідок її відскоку донизу.

Є декілька варіантів, які дозволяють уникнути цього. По-перше, можна віддалити зовнішню стінку каналу, за рахунок збільшення його розмірів, але це приведе до збільшення витрати повітря та енергоємності процесу. По-друге, можна підвищити швидкість повітряного потоку, але це може погіршити чіткість сепарації, тобто збільшити виніс повноцінного зерна в відходи, а також веде до підвищення енергозатрат. І третій варіант, який є досить суперечливим: можна зменшити початкову швидкість введення зерна в канал, що при тій же продуктивності збільшує товщину шару зерна і погіршує умови його розділення.

Дослідження [5] підтверджують, що при горизонтальному напрямку введення матеріалу ефективність сепарації підвищується на 15-18%.

Пояснюється це тим, що при горизонтальному введенні потік «розбризкується», щільність його зменшується, і взаємодія часток слабшає. Умови руху зернової суміші наближуються до умов незалежного руху одиночних часток.

Для кутів $\alpha_0 > 0$ навпаки, щільність зернового потоку збільшується, і лише ближче до протилежної стінки каналу він розшаровується, що значно погіршує ефективність виділення легких домішок.

Для забезпечення введення матеріалу горизонтально з заданою швидкістю пасивними пристроями, на початку його руху потрібно застосовувати похилі лотки або інші криволінійні поверхні, швидкість зерна по яких аналітично визначити в реальних умовах дуже важко. Навіть при русі зернової суміші по прямій похилій поверхні не вдається досить точно розрахувати її швидкість, внаслідок неправильної форми та неоднорідності розмірів часток зернового матеріалу.

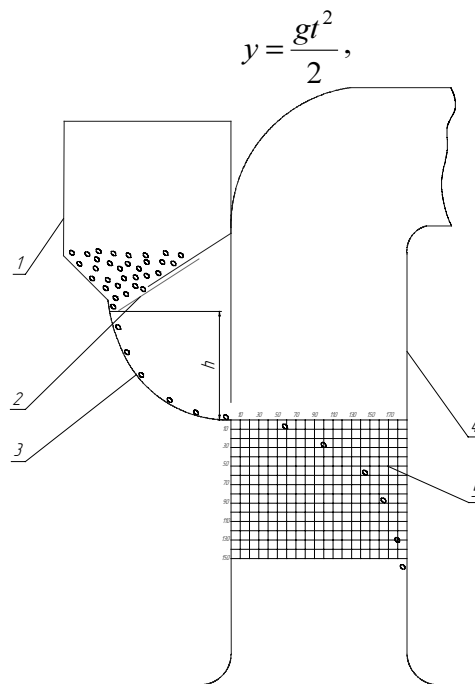
Тому нами запропонована методика ефективного визначення швидкості введення зернової суміші шляхом вимірювання координат частки для реальних траєкторій його руху в пневмосепараційному каналі.

Дослідження проводили на експериментальній установці, представленій на рисунку 1, яка включає пересувний в вертикальній площині бункер 1 з заслінкою 2, направляючий лоток 3, за допомогою якого зерновий матеріал вводився горизонтально в канал 4, одна із бокових стінок якого виконана прозорою, а на протилежній прикріплена сітка, для вимірювання координат зернової частки та траєкторії її руху.

Швидкість введення визначали шляхом вимірювання реальних координат зернової частки в каналі за допомогою координатної сітки з відповідними координатами (рисунок 2). При цьому, враховувався реальний опір повітря, який має місце при відповідних швидкостях введення зерна. Досліди проводились в п'ятикратній повторності.

Оскільки траєкторії руху зерна пов'язані з його початковою швидкістю, то її координати x і y визначаємо для довільного положення частки.

Переміщення частки по осі x за час t дорівнює: $x = v_0 \cdot t$. По осі ординат маємо:



1 - бункер, 2 - регулювальна заслінка, 3 - направляючий лоток, 4 - канал, 5 - координатна сітка

Рисунок 1 - Схема експериментальної установки

де v_0 - початкова швидкість введення зерна в канал, м/с; t - час, с;

g - прискорення вільного падіння, м/с².

Вирішивши систему рівнянь (2), шляхом виключення t отримуємо вираз (3) для визначення швидкості v_0 :

$$\begin{cases} x = v_0 \cdot t \\ y = \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (2)$$

$$v_0 = \frac{x\sqrt{g}}{\sqrt{2y}} = x\sqrt{\frac{g}{2y}}. \quad (3)$$

Оскільки при введенні потоку зерна, з певним питомим навантаженням q_b , траєкторії руху часток розходяться, то визначалась середня швидкість введення $v_{0сер}$. Для цього фіксувались траєкторії, а отже й координати верхньої та нижньої часток, та визначалось їх середнє значення.

Регулювання початкової швидкості введення матеріалу в канал здійснювали шляхом зміни висоти розташування заслінки живильного бункера h відносно кінця направляючого лотка, тобто за рахунок зміни його потенціальної енергії E_n , яка потім перетворюється в кінетичну, а саме:

$$E_n = E_k, \quad (4)$$

де $E_n = mgh$;

h - висота бункера відносно лінії подачі матеріалу в канал, м;

m - маса частки, кг.

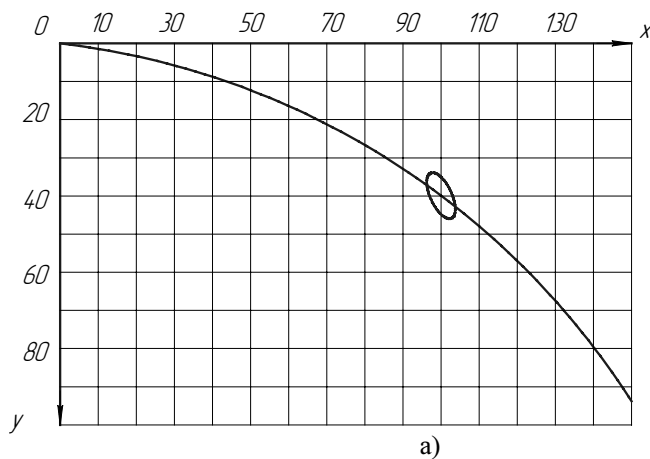


Рисунок 2 – Схема вимірювання координат (а) та загальний вигляд установки для визначення швидкості введення зерна (б)

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (5)$$

Тоді, якщо нехтувати втрати енергії на тертя, отримаємо:

$$v_0 = \sqrt{2gh}. \quad (6)$$

Змінюючи висоту h шляхом перестановки бункера з зерном отримували необхідну швидкість введення матеріалу в канал.

Запропонована методика визначення швидкості введення шляхом знаходження реальних координат зернової частки дозволяє отримувати значення початкової швидкості введення зернової суміші в канал по різних поверхнях при дослідженнях пневмосепарації для реальних умов експлуатації зерноочисних машин.

Список літератури

1. Решітний сепаратор /М.І. Васильковський, О.М. Васильковський, П.Г. Лузан, І.М. Осипов. – Патент України № 29822 А, МКВ В 07 В 13/04, – 2000. Бюл. № 6–11.
2. Бурков А.И., Сычугон Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследования, расчет и испытание. – Киров: НИИСХ Северо - Востока, 2000. – 261с.
3. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком.- М.: Машгиз, 1962. – 175 с.
4. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов./З.Л. Тиц, В.И. Анискин, Г.А. Баснакян и др.; под. ред. З.Л. Тица.– М.: Машиностроение, 1967.– 447 с.
5. Злочевский В.Л. Интенсификация процесса аэродинамического разделения зерновых материалов. Дис. докт. техн. наук. – Барнаул, 1985.– 490 с.
6. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарации на зернообрабатывающих предприятиях. – М.: Колос. 1980. – С.103-140.

Статья посвящена определению скорости введения зерна в пневмосепарационный канал с целью её практического использования при исследовании и испытании зерноочистительных машин. Авторами предложено новую методику решения данной задачи на основе определения реальных траекторий полёта зерновых частиц.

The article is devoted determination speed of introduction of grain in a air channel with the purpose of its practical using for research and test of grain cleaners. By authors a new method is offered decision of the given task on the basis of decision the real trajectories of flight corn particles.